

# ESTUDIO ESTÁTICO NUMÉRICO POR ELEMENTOS FINITOS DE LA BARRA GUÍA EN EL MECANISMO DE CIERRE DE UNA MÁQUINA INYECTORA DE POLÍMEROS

*Fecha de aceptación: 02/09/2024*

### **Carmona-Hernández, E.E.**

Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica  
y Eléctrica, Sección de Estudios de  
Posgrado e Investigación  
Unidad Profesional Adolfo López Mateos

### **Pascual-Salgado, I.A.**

Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica  
y Eléctrica, Sección de Estudios de  
Posgrado e Investigación  
Unidad Profesional Adolfo López Mateos

### **Lopez-Carrillo, J.E.**

Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica  
y Eléctrica, Sección de Estudios de  
Posgrado e Investigación  
Unidad Profesional Adolfo López Mateos

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda el análisis estructural de una barra guía empleada en máquinas de inyección de polímeros. Mediante la simulación numérica por Elementos Finitos, se pretende caracterizar el comportamiento mecánico del componente bajo cargas estáticas. Los resultados obtenidos

permitirán evaluar la adecuación del diseño actual y proponer mejoras que conduzcan a una mayor eficiencia y durabilidad del sistema. Esta investigación se enmarca dentro del campo de la ingeniería mecánica y contribuye al avance del conocimiento en el área de simulación numérica aplicada a componentes críticos de maquinaria industrial.

## DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA O BARRA GUÍA

Una de las partes fundamentales de la unidad de cierre de una máquina de inyección de plástico son las columnas guía, éstas proporcionan a la platina móvil la estabilidad y soporte para ejercer determinada fuerza de cierre o sujeción sobre un molde de inyección [1].

Las columnas guía se diseñan a fin de resistir las cargas estáticas generadas por la presión de la cavidad del molde en el momento de inyección y llenado, así como las fuerzas dinámicas resultantes de los movimientos de apertura y cierre del molde de una pieza plástica fabricada por este método

Por lo general, estas columnas o barras tienen estructura cilíndrica o prismática [2] y en los extremos una sección roscada (Figura 1), son fabricadas en acero de alta resistencia con una superficie lisa para permitir un deslizamiento suave de la platina móvil para garantizar su durabilidad y evitar el desgaste prematuro.



Figura 1.-unidad de cierre y columnas guía de una máquina de inyección.

## IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO

El análisis estático es indispensable en el diseño de una columna guía de una máquina de inyección de plástico, éste permite evaluar y calcular los esfuerzos y deformaciones que experimentará la columna bajo determinadas cargas y condiciones de frontera (Figura 2). Con los resultados mostrados se puede determinar si la columna es lo suficientemente resistente y estable para soportar las fuerzas y garantizar la seguridad estructural de la máquina [3-5].



Figura 2.- análisis y falla de una columna guía de una máquina de inyección.

## PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS ESTÁTICO

A continuación, se desarrolla un estudio exhaustivo para caracterizar la resistencia de la columna guía. Inicialmente, se definen las condiciones de frontera y carga, considerando un espectro completo de sollicitaciones que puedan incidir en el comportamiento estructural.

### Carga y condiciones de contorno

La carga y las condiciones de contorno son aspectos fundamentales en el análisis estático. La carga se refiere a las fuerzas externas que actúan sobre la columna, como las fuerzas aplicadas durante el proceso de inyección de plástico, específicamente la fuerza de cierre que ejerce el sistema mecánico de rodillera. Por otro lado, las condiciones de contorno se refieren a las restricciones o apoyos en los extremos de la columna. Estas condiciones deben ser modeladas de manera precisa para simular correctamente el comportamiento de la columna en su entorno de trabajo. Para ejemplificar de manera visual estas fuerzas se puede hacer uso de un diagrama de cuerpo libre o DCL (Figura 3)

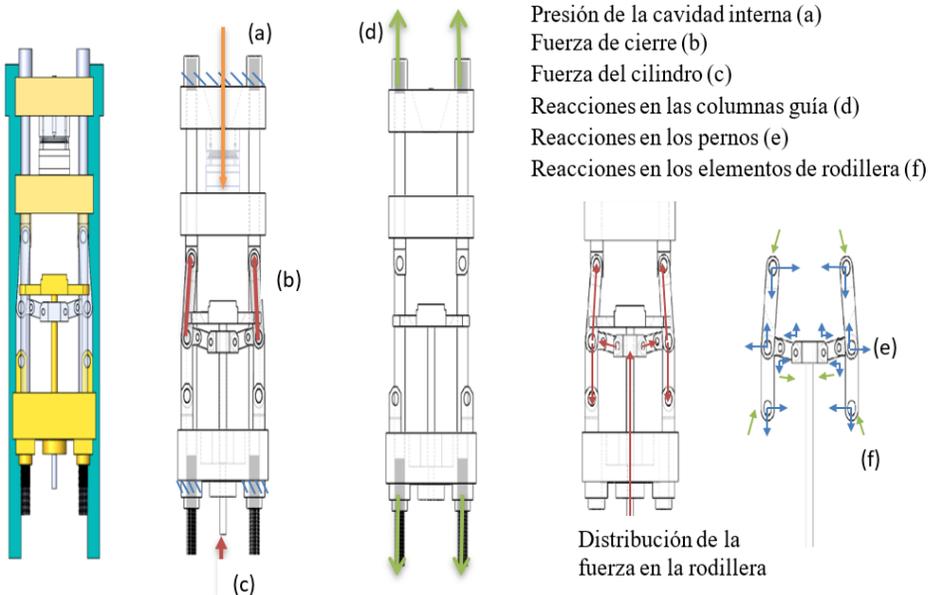


Figura 3.- Fuerzas que se presentan en el sistema de cierre de platinas y columnas guía de una máquina de inyección.

Las condiciones de trabajo y de frontera son las siguientes:

- Máquina de inyección de plástico de la marca REED Prentice Modelo 1985 de 100 toneladas de fuerza de cierre
- Presión en la cavidad interna del molde 55 MPa
- Fuerza de cierre total 1000 kN (1000 000 N)
- Fuerza de cierre aplicada en la columna guía 250 kN (250 000 N)
- Las columnas guía se unen a las platina fija y posterior por medio de tuercas, para simplificar el análisis se omite la cuerda de las mismas a fin de no utilizar mucho recurso computacional y demore el análisis en su solución. En este sentido se restringe el movimiento de la platina fija
- Las dimensiones de la columna guía son: longitud de 170 cm (1 700 mm) y 7.5 cm (75mm) de diámetro.
- El discretizado se realiza de 5 mm de tamaño para cada elemento.

Así mismo, las propiedades mecánicas del material son:

- Material de fabricación de las barras Acero de alta resistencia
- Densidad 7.80 g/cm<sup>3</sup>
- Módulo de Young 190 000 MPa
- Relación de Poisson 0.28
- Esfuerzo de cedencia 545 MPa

## **Modelado de la columna guía**

Posteriormente, se construye un modelo numérico detallado empleando software especializado en análisis estructural, donde se discretiza la geometría y se asignan las propiedades materiales correspondientes. Para llevar a cabo este proceso, se utiliza un software de modelado y simulación por elementos finitos. Durante el modelado, se generan las mallas o discretizados que representan de manera precisa la geometría de la columna guía. Estas mallas permiten calcular los esfuerzos y deformaciones en diferentes puntos de la columna (Figuras 4 y 5).

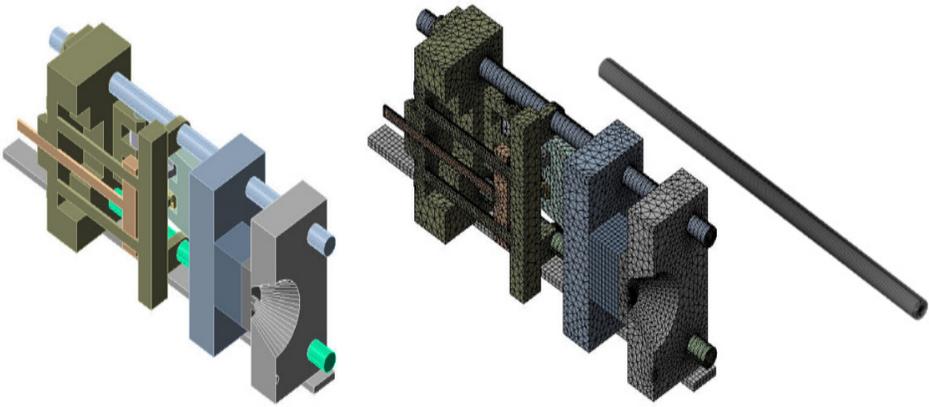


Figura 4.- Modelado y discretizado de la unidad de cierre y la columna guía para el análisis numérico

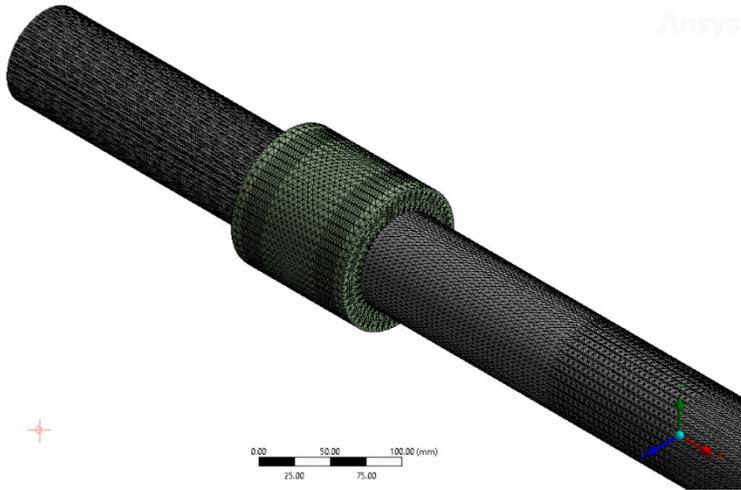


Figura 5.- Modelado y discretizado de la columna guía para en detalle.

## RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados mostrados por el programa (Figuras 6 a 11) para este ejercicio se solicitan el desplazamiento total, la deformación unitaria elástica, los esfuerzos normales en los ejes X, Y, Z, y el esfuerzo máximo principal.

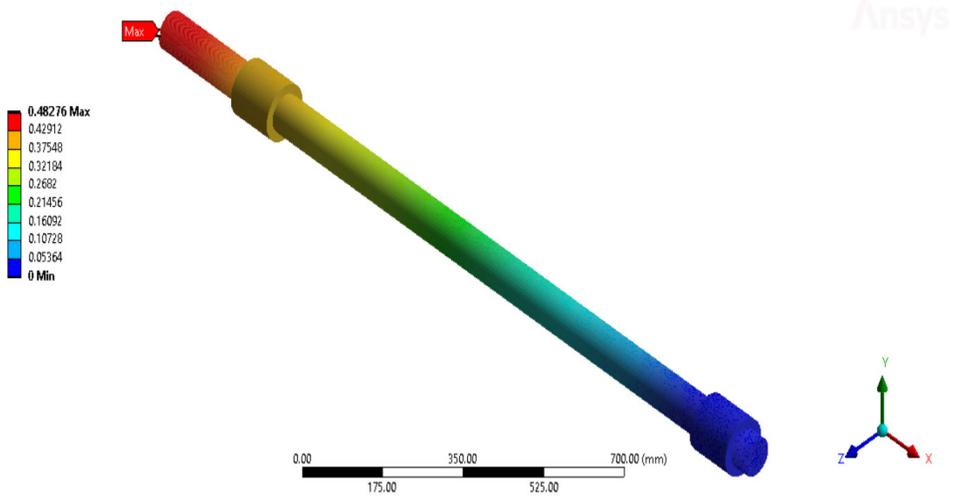


Figura 6.- Desplazamiento total de la barra guía de acuerdo a las condiciones planteadas (unidades en mm)

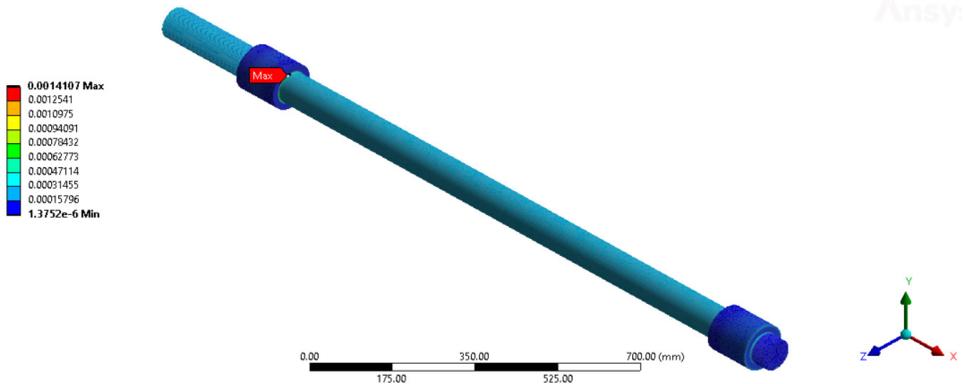


Figura 7.- Deformación unitaria elástica de la barra guía de acuerdo a las condiciones planteadas (unidades en mm/mm)

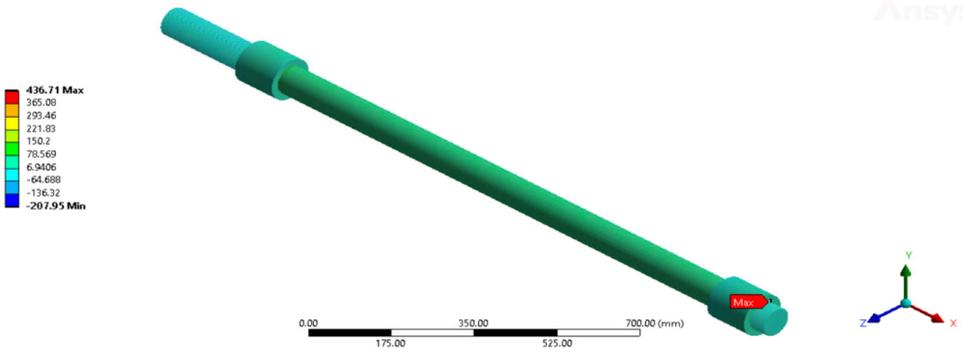


Figura 8.- Esfuerzo normal en el eje X presentado en la barra guía de acuerdo a las condiciones planteadas (unidades en MPa)

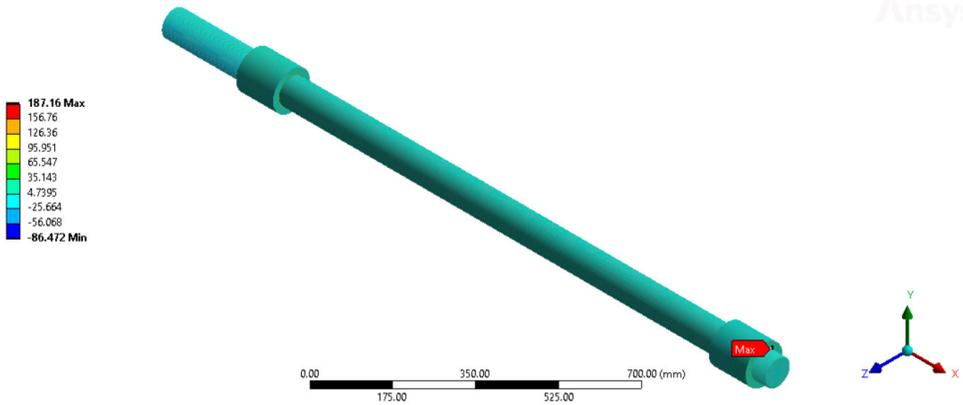


Figura 9.- Esfuerzo normal en el eje Y presentado en la barra guía de acuerdo a las condiciones planteadas (unidades en MPa)

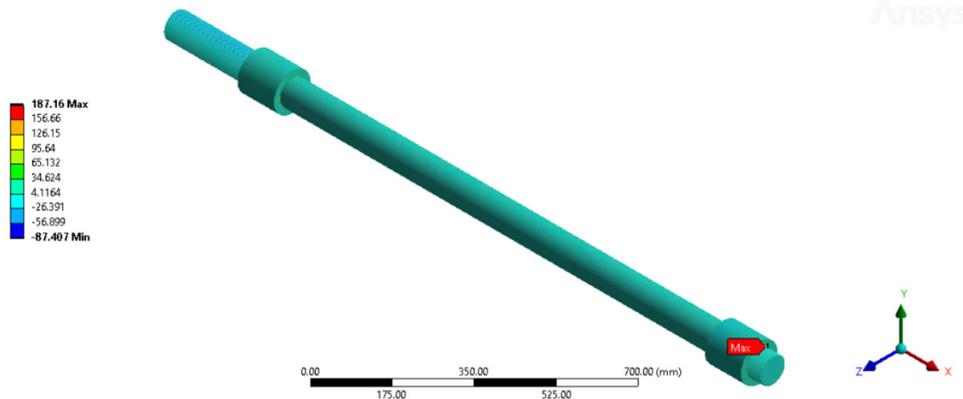


Figura 10.- Esfuerzo normal en el eje Z presentado en la barra guía de acuerdo a las condiciones planteadas (unidades en MPa)

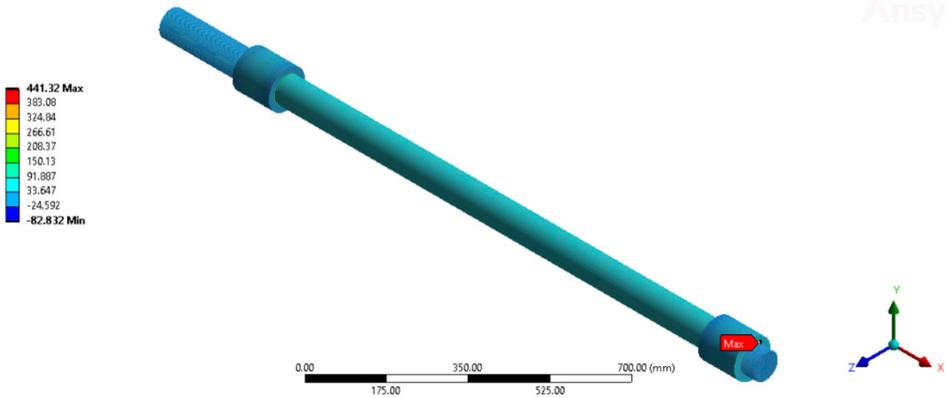


Figura 11.- Esfuerzo Máximo Principal presentado en la barra guía de acuerdo a las condiciones planteadas (unidades en MPa)

Los resultados del análisis permiten entender el comportamiento de la columna guía, mediante éstos se identifican áreas de concentración de esfuerzos, lo que ayuda a determinar los requisitos de seguridad y resistencia necesarios de la columna guía. En la tabla 1 se resumen los resultados:

| Resultado                           | Magnitud |                        | Unidades |
|-------------------------------------|----------|------------------------|----------|
|                                     | Máx.     | Mín.                   |          |
| Desplazamiento total                | 0.4827   | 0                      | mm       |
| Deformación unitaria Elástica Total | 0.0014   | $1.375 \times 10^{-6}$ | mm/mm    |
| Esfuerzo Normal en el eje X         | 436.71   | -207.95                | MPa      |
| Esfuerzo Normal en el eje Y         | 187.16   | -86.472                |          |
| Esfuerzo Normal en el eje Z         | 187.16   | -87.497                |          |
| Esfuerzo Máximo Principal           | 441.32   | -82.832                | MPa      |

Tabla 1.- Resumen de resultados mostrados por el software CAE

## CONCLUSIONES

Una vez terminado el estudio estático de la columna guía de la unidad de cierre de la máquina de inyección de plástico por el programa, se desprenden las siguientes conclusiones:

Los esfuerzos generados por la carga de tensión se localizan en los extremos roscados de la columna y son menores que el esfuerzo de cedencia del material de fabricación (que es de 345 MPa).

Las deformaciones obtenidas son aceptables y no representan un riesgo para la integridad de la columna guía puesto que se encuentran dentro de la zona elástica del material.

La columna o barra guía al momento de la inyección sufre un desplazamiento menor de 1 mm, lo cual es mínimo comparado con su longitud total de 1 700 mm

## TRABAJOS FUTUROS Y LIMITACIONES

Se propone realizar análisis con cargas dinámicas y de fatiga para este elemento a fin de determinar un tiempo de vida útil complementarios como trabajos futuros.

Las limitaciones para esta investigación se centran en las condiciones de frontera y cargas aplicadas, si bien este análisis puede ser replicado en cuanto al procedimiento, los resultados mostrarán una variación significativa incluso si se realiza a máquinas de características similares, quedando así bajo criterio de los responsables de llevarlo a cabo.

## REFERENCIAS

1. Fisher, J.M., Handbook of Molded Part Shrinkage and Warpage, Elsevier, 2a edición, 2013
2. Rosato, D.V., Rosato, D. V., Rosato, M. G., Injection Molding Handbook, Springer Science +Business Media, LLC, 3a edición, 2000.
3. Huang, M.-S., Nian, S.-C., Chen, J.-Y., y Lin, C.-Y., Influence of clamping force on tie-bar elongation, mold separation, and part dimensions in injection molding. *Precision Engineering*, 51, 647-658.
4. Jian-Yu, CH., Jia-Xiang, Z., Ming-Shyan, H., Monitoring, prediction and control of injection molding quality based on tie bar elongation, *Journal of Manufacturing Processes* 46 (2019) 159–169
5. Zhiqiang He, Fugang Zhai, Yin Zhang, Weibo Wang, Dong Li, Ningdi Zhu, Jianbo Ruan, Research on dynamics model of the motion clamping mechanism in injection molding machines addressing inertia and deformation, *Journal of Manufacturing Processes* 119 (2024) 987–1004